

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Absolvování individuální odborné praxe

Individual Professional Practice in the Company

Zadání bakalářské práce

Student: **Filip Pavlíček**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Absolvování individuální odborné praxe**
Individual Professional Practice in the Company

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: Elektro - Firma Pavelek, s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vede odbornou praxi studenta.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

27.4.2014



Abstrakt

Během mé praxe ve firmě ELEKTRO - FA. PAVELEK s.r.o. jsem si vyzkoušel, jak probíhají různé obory činností v oblasti silnoprůdu. Konkrétněji jsem se zabýval elektroinstalací budov, jako například taháním kabelů, montáží zásuvek, svítidel a rozvaděčů. Montáží fotovoltaické elektrárny, kde jsem montoval fotovoltaické panely na střechy budov, střídače sloužící k přeměně stejnosměrného elektrického proudu na proud střídavý a rozvaděčů s instalovanými jistícími elektrickými přístroji. Další náplní mé práce bylo zkrusování projektové dokumentace aktuálního stavu elektroinstalace, rozvaděčů a hromosvodů. Posledním úkonem byla revize, která má za úkol zkontrolovat a posoudit, zda elektrické zařízení splňuje pravidla pro bezpečný provoz podle platných norem a vyhlášek.

Klíčová slova

Energie, proud, napětí, objekt, vodič, elektrický přístroj, přepětová ochrana, revize, projektová dokumentace, elektroinstalace, svítidlo, spotřebič, bleskosvod, jistič, ochranný vodič PE, odpor, izolace, fotovoltaický panel

Abstrakt

During my internship in the company Electro-FA. Pavelek s.r.o. I tried, how are the various sectors of activity in the field of heavy current. More specifically, I dealt with electrical installations of buildings, such as by pulling on the cables, mounting Sockets, lamps and switchboards. Installation of photovoltaic power stations, where I mounted photovoltaic panels on the roofs of the buildings, the inverter is used to convert DC power to AC power and switchboards installed components electrical equipment. Another concern of my work was to misrepresent the current status of the project documentation, switchboards and electrical conductors. The last act was a revision, which is tasked to review and assess whether the electrical equipment complies with the rules for safe operation in accordance with the applicable standards and regulations.

Keywords

Energy, the electric current, voltage, object, conductor, electric appliance, surge protection, review, project documentation, electrical installations, luminaire, the appliance, lightning rod, circuit breaker, the protective conductor PE, resistance, isolation, photovoltaic panel

Obsah

1.1 Úvod	1
2.1 Odborné zaměření firmy	2
2.2 Silnoproud.....	2
2.2.1 Rozvaděče.....	2
2.2.2 Fotovoltaické elektrárny	2
2.2.3 Bleskosvod.....	3
2.2.4 Úsporné osvětlení	3
2.2.5 Ohřev okapů a chodníku	3
2.2.6 Tepelná čerpadla	3
2.2.7 Klimatizace	4
2.2.8 Projektová dokumentace a revize	4
2.3 Slaboproud.....	4
2.3.1 Inteligentní dům.....	4
2.3.2 Elektronický zabezpečovací systém	5
2.3.3 Elektronická požární signalizace	5
2.3.4 Centrální hodiny	5
2.3.5 Anténní a satelitní zařízení.....	5
2.3.6 Dorozumívací technika a přístupové systémy	5
3.1 Pracovní zařazení studenta.....	6
3.2 Silnoproudá elektroinstalace	7
3.3 Fotovoltaická elektrárna	9
3.4 Bleskosvod a svodiče přepětí.....	12
3.4.1 Svodiče přepětí	12
3.4.2 Bleskosvod.....	14
3.5 Revize	16
3.5.1 Revize elektroinstalace	16
3.5.2 Revize elektrospotřebičů.....	17
3.5.3 Měření osvětlení pracovních prostorů	17
4.1 Teoretické a praktické dovednosti	19
5.1 Závěr	20

1.1 Úvod

Svou bakalářskou práci jsem vykonával ve firmě ELEKTRO – FA. PAVELEK s.r.o. ve formě praxe. Sídlo této společnosti, která nabízí služby jak v oboru silnoproudé techniky, tak i v oboru slaboproudé techniky, se nachází v části města Opava - Komárov.

Během mé praxe jsem si vyzkoušel, jak probíhají různé obory činností v oblasti silnoproudu. Konkrétněji jsem se zabýval elektroinstalací budov, jako například taháním kabelů, montáží zásuvek, svítidel a rozvaděčů. Montáží fotovoltaické elektrárny, kde jsem montoval fotovoltaické panely na střechy budov, střídače sloužící k přeměně stejnosměrného elektrického proudu na proud střídavý a rozvaděčů s instalovanými jistícími elektrickými přístroji. Další náplní mé práce bylo zkreslování projektové dokumentace aktuálního stavu elektroinstalace, rozvaděčů a hromosvodů. Posledním úkonem byla revize, která má za úkol zkontrolovat a posoudit, zda elektrické zařízení splňuje pravidla pro bezpečný provoz podle platných norem a vyhlášek.

2.1 Odborné zaměření firmy

Společnost ELEKTRO - FA. PAVELEK s.r.o. vznikla roku 1991 a zabývá se téměř všemi obory činností v oblasti elektromontáží a telekomunikací. Nabízí služby, jako projekty, realizaci, revize, záruční a pozáruční servis. Společnost je také prvním českým výrobcem domácí dorozumivací techniky.

Společnost ELEKTRO – FA. PAVELEK s.r.o. nabízí elektroinstalace budov jak silnoproudé, tak i slaboproudé.

2.2 Silnoproud

Mezi silnoproudou elektroinstalací patří rozvod silových kabelů, montáž svítidel, zásuvek, elektrických strojů, Fotovoltaických panelů, instalace a servis tepelných čerpadel a klimatizací, rozvod topných kabelů a rohoží pro vytápění chodníků a okapů, bleskosvod, výroba rozvaděčů nízkého napětí.

2.2.1 Rozvaděče

Veškerá elektroinstalace musí být správně odjištěna pomocí elektrických přístrojů, jako jsou například pojistky, jističe, proudové chrániče, přepěťové ochrany a další. Tyto elektrické přístroje jsou nejslabším prvkem v elektrickém obvodu a proto veškeré nežádoucí vlivy a poruchy se projeví právě na těchto prvcích. Tím je dosažena ochrana osob, zvířat a budov. Tyto elektrické přístroje jsou instalovány do rozvaděčů. Rozvaděče se vždy liší podle potřeby. Rozvaděče nízkého napětí jsou určeny k jištění silových kabelů nízkého napětí. Datové rozvaděče slouží pro datový rozvod počítačové a telekomunikační sítě. Kompenzační rozvaděče kompenzují jalovou složku energie ve firmách ke snížení nákladů na elektrickou energii. Řídící rozvaděče slouží pro veškeré regulační prvky, jako například vytápění a vzduchotechniku.

2.2.2 Fotovoltaické elektrárny

Tyto malé elektrárny se skládají z fotovoltaických panelů, které přeměňují energii slunečního záření na energii elektrickou, silových vodičů a rozvaděčů s jištěním. Lze je provozovat třemi způsoby připojení, které povoluje distributor sítě. Prvním způsobem je prodej, neboli Grid-on, kde je veškerá vyrobená elektrická energie prodávána distributorovi sítě. Dalším způsobem zapojení je ostrovní režim, kde veškerá vyrobená elektrická energie se akumuluje v akumulátorech a následně se spotřebovává. Tento způsob se používá v místech s obtížným způsobem připojení k distribuční síti. Posledním způsobem je zelený bonus, kde vyrobená elektrická energie je ihned spotřebovávána

v místě instalace. Investor ušetří náklady na cenu energie, kterou by musel jinak nakoupit od distributora. Zbylé přebytky nespotřebované elektrické energie se posílají do sítě.

2.2.3 Bleskosvod

Bleskosvod, lidově nazýván také jako hromosvod je zařízení, které vytváří vodivé cesty svádějící atmosférická přepětí do země. Tímto způsobem chrání stavby, osoby a zvířata před úderem atmosférického výboje.

2.2.4 Úsporné osvětlení

V dnešní době, kdy cena elektřiny stále stoupá, je potřeba snižovat výdaje za elektřinu. Toho se dá docílit úsporným LED osvětlením. V zářivkových svítidlech se také používají úspornější elektronické předřadníky, které nahrazují startéry s tlumivkami o vyšší spotřebě.

2.2.5 Ohřev okapů a chodníku

Ohřev okapů a chodníku se provádí pomocí speciálních topných kabelů a rohoží, které účinně rozpouštějí led a přispívají tak k větší bezpečnosti při vstupu do budov.

2.2.6 Tepelná čerpadla

Společnost nabízí prodej, montáž a autorizovaný servis švédských tepelných čerpadel s výkonem od 5kW do 60 kW s různým použitím tepelné energie jako tepelná čerpadla země – voda, tepelná čerpadla vzduch – voda a ventilační respektive rekuperační tepelná čerpadla značky NIBE.

Tepelná čerpadla země – voda pracují na principu proudění nemrznoucí kapaliny o nízké teplotě varu potrubím, které je uloženo v zemi do hlubinného vrtu nebo do plošného kolektoru pod povrchem země. Kapalina v potrubí odebírá teplo země. Dochází k vypařování kapaliny, kde kapalina mění své kapalně skupenství na plynné. Plyn je za pomoci kompresoru stlačován, tím se výrazně zvyšuje jeho teplota, kterou předává vodě ve výměníku. Jako zdroj tepla může být využita i spodní voda, případně voda v jezeře, rybníce a podobně. Tato tepelná čerpadla jsou nejúčinnější a jsou k dispozici s výkonem od 5 kW do 60 kW.

Tepelná čerpadla vzduch – voda odebírají teplo z okolního vzduchu, kde pracují efektivně ještě do teploty -15°C. Při nižších venkovních teplotách pomáhá tepelnému čerpadlu dosáhnout požadované teploty vody malý elektrokotel. Tato čerpadla se používají v místech, kde není možné vybudovat plošný kolektor nebo hlubinný vrt. Čerpadla jsou levnější a jdou připojit na stávající systém s radiátory, ale také jsou méně účinná než čerpadla země – vzduch.

Ventilátorová respektive rekuperační tepelná čerpadla nasávají vzduch z místností, jako například z kuchyně, obývacího pokoje, technické místnosti pomocí vzduchotechnických zařízení. Z tohoto vzduchu se částečně odebírá jeho tepelná energie, která se následně využívá k vytápění a ohřevu. Tato čerpadla využívají nízkoenergetické a pasivní budovy. Velkou výhodou je odstranění problémů s vlhkostí, plísněmi a mikroorganismy. Dále omezují tepelné ztráty větráním okny.

2.2.7 Klimatizace

Společnost se dále zabývá instalací a servisem klimatizací. Chladicí látka v plynném stavu je v kompresoru stlačována. Důsledkem stlačování se látka zahřívá. Poté je přivedena do výměníku, kde je látka ochlazována a kondenzuje. Odpadní teplo je odváděno pomocí ventilátoru do venkovního prostoru. Následně látka putuje do výparníku, kde vlivem nízkého tlaku a vyšší teploty expanduje a tím se i ochlazuje. S ochlazováním látky se ochlazuje i výparník. Okolní vzduch, který je nasáván ventilátorem se v blízkosti výparníku ochlazuje a nuceným prouděním je vháněn zpět do místnosti.

2.2.8 Projektová dokumentace a revize

Elektrické zařízení a budovy musí být dále doplněny o projektovou dokumentaci dle skutečného stavu provedení, která slouží jako podklad pro revizní zprávu. Revizní zpráva udává informace o stavu zařízení a budov, zda splňují podmínky pro bezpečný provoz, podle platných předpisů a norem. Bez výchozí revizní zprávy nemůže být zařízení uvedeno do provozu.

Revize elektrických zařízení je soubor úkonů, zjišťujících zda elektrická zařízení odpovídají podmínkám pro bezpečný provoz.

2.3 Slaboproud

Silnoproudá elektroinstalace je doplňována i o slaboproudou elektroinstalaci, mezi kterou patří výroba datových a řídicích rozvaděčů, rozvod datových kabelů pro počítače, telekomunikaci, zabezpečovací systémy, kamerové systémy a inteligentní domy.

2.3.1 Inteligentní dům

Inteligentní dům je doplněn o datovou síť k zajištění optimálního vnitřního prostředí pro maximální pohodlí osob. Pomocí počítače pak lze ovládat osvětlení, vytápění, chlazení, ventilaci a zásuvkové obvody tak, aby se zvýšila bezpečnost a komfort budovy a zároveň se snížily energetické náklady stavby.

2.3.2 Elektronický zabezpečovací systém

Elektronický zabezpečovací systém EZS je zařízení, které chrání objekty, budovy a majetek před neoprávněným vniknutím. Toto zařízení může být dále rozšířeno o kamerový systém.

2.3.3 Elektronická požární signalizace

Elektronická požární signalizace EPS je zařízení, které upozorňuje obsluhu na místo vzniku požáru.

2.3.4 Centrální hodiny

Centrální hodiny přenáší čas do podružných hodin a tím je zajištěn jednotný čas v celé lokalitě. Toho se využívá na nádražích, úřadech a ve školách.

2.3.5 Anténní a satelitní zařízení

Montáže a opravy anténních a satelitních zařízení, rozhlasů, rozhlasových ústředí, telefonních ústředí.

2.3.6 Dorozumívací technika a přístupové systémy

Firma se dále zabývá vývojem, výrobou a instalací domácí dorozumívací techniky značky Czechphone®. Czechphone® nabízí jak audio, tak i video systém domácí dorozumívací techniky se zamezením odposlechu. Dále nabízí bezkontaktní přístupový systém BIS, pomocí kterého se dá zamezit vstup do jakýchkoliv prostorů nepovolaným osobám. Tyto bezkontaktní přístupové systémy mohou být doplněny i o docházkové systémy, které poskytují kompletní výpisy informací o průchodech jednotlivých vlastníků čipů nebo karet.

3.1 Pracovní zařazení studenta

Během své bakalářské praxe ve firmě ELEKTRO - FA. PAVELEK s.r.o. jsem byl zařazen ke skupince montérů, kde jsem si vyzkoušel, jak probíhají elektroinstalace budov a to od tahání kabelů, montáže zásuvek, svítidel, rozvaděčů, fotovoltaických panelů, střídačů a rozvaděčů až po konečnou revizi uvádějící dané objekty do provozu.

Dále jsem během své praxe dělal diagnózu, prognózu, technickou genetiku a revize elektrických spotřebičů. Revize a zkreslování aktuální projektové dokumentace hromosvodů. Zkresloval jsem v programu ZW CAD projektovou dokumentaci rozvaděčů a elektroinstalace budov dle skutečného stavu.

3.2 Silnoproudá elektroinstalace

Během své praxe jsem byl přiřazen na pár dnů ke skupince montérů, se kterou jsem spolupracoval. Během těchto dní jsem měl možnost vyzkoušet si v praxi, co taková elektroinstalace obnáší.

Nejprve bylo potřeba připravit si trasu, kudy povedou vodiče. Trasy vodičů vedou vždy vodorovně přibližně 30 cm pod stropem a případné odbočky pro zásuvky, vypínače a rozvaděče vedou vždy svisle, proto aby se později daly vodiče lehce dohledat. Trasy se volí vždy optimálně tak, aby byly co nejkratší, ale zároveň nekřížily cestu jiným vodičům, potrubí atd. Vodiče se umisťují do vysekaných drážek ve zdi, kde jsou následně přichyceny sádkou, nebo do plastových lišt, které jsou pomocí vrutů a hmoždinek připevněny na zeď.

Průřezy měděných vodičů se volí vždy optimálně podle proudového zatížení, délky vodiče a způsobu uložení tak, aby vodiče nebyly zbytečně předimenzovány nebo poddimenzovány. Protože za předpokladu konstantní velikosti proudu by byla u poddimenzovaných vodičů větší proudová hustota, která by vlivem Joulových a dielektrických ztrát způsobovala větší oteplení vodičů. Toto oteplení vodičů způsobuje rychlejší stárnutí a oslabení izolace a vede ke snížení izolační schopnosti pod průrazné napětí, nebo k vytvoření nedefinovaných vodivých cest mezi narušenými částmi izolačního systému. Tyto nedefinované cesty vedou přes různé nehomogenity v izolaci, které jsou dány materiálem, výrobou a degradačními činiteli, jako jsou voda, prach, čas a teplota. Vlivem různých nehomogenit v izolaci může dojít k částečným výbojům. Částečné výboje jsou nízkoeenergetické, vysokofrekvenční elektrické výboje, které částečně přemostují izolaci. Tyto částečné výboje postupně narážejí do izolace, kde dochází k oslabení a zuhelnatění izolace. Časem dochází k průrazu izolace, kde mezi fázemi vzniká elektrický oblouk, který hoří za vysokých teplot. Pokud obvod nebude patřičně odjištěn pomocí elektrických jistících prvků, pak dojde ke vzniku požáru. Z tohoto důvodu norma ČSN EN 33 2000-5-523 určuje průřez vodiče pro danou délku vodiče a jeho způsob uložení. Dále je zapotřebí, aby veškeré elektrické obvody nízkého napětí a výše, byly jištěny elektrickými jistícími prvky, protože elektrické přístroje jsou nejslabším místem elektrického obvodu. Jejich záměrem je, aby se veškeré poruchy projeví právě na nich. Tímto způsobem je zajištěna ochrana osob, zvířat a zařízení.

Čím větší proud bude tímto vodičem procházet, tím bude větší oteplení vodiče a celý tento proces se bude urychlovat.

Naopak u zbytečně moc předimenzovaných vodičů je sice proudová hustota nízká, ale náklady elektroinstalace rostou. Proto se volí průřezy vodičů vždy tak, aby jejich maximální přípustná teplota nebyla překročena a vodiče tak neztrácely svou izolační schopnost.

Na osvětlení se nejčastěji volí průřez měděného vodiče $3 \times 1,5 \text{ mm}^2$, který je v rozvaděči jištěný pomocí jističů maximální hodnoty B 10/1. Protože jistič je elektrický přístroj citlivější na malá přetížení, který lze opakovaně používat. Na zásuvky 230 V, které se nejčastěji umísťují 30 cm od země nebo 120 cm od země se nejčastěji používají měděné vodiče $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$. Tyto vodiče jsou v rozvaděcích jištěny pomocí jističů o maximální hodnotě B 16/1. Na zásuvky 400 V umístěných do výšky 120 cm od země se používají vodiče podle ampérové zátěže zásuvky, které jsou jištěny trojfázovými jističi. Všechny tyto zásuvky musí být odjištěny jističi s maximální ampérovou hodnotou zásuvky s ohledem na zatížení, délku a způsobu uložení vodiče. Na zásuvky o hodnotách napětí 400V a proudu 16 A se používají měděné vodiče $5 \times 2,5 \text{ mm}^2$ a vyšší, podle vzdálenosti a způsobu uložení vodiče a jsou jištěny jističi 16/3. Na zásuvky o hodnotách napětí 400V a proudu 32 A se používají měděné vodiče při plném jištění na 32 A s minimálním průřezem $5 \times 6 \text{ mm}^2$ a vyšší, podle vzdálenosti a způsobu uložení vodiče a jsou jištěny jističi 32/3. Na zásuvky do 63 A se používají měděné vodiče s minimálním průřezem $5 \times 16 \text{ mm}^2$ a vyšší, podle vzdálenosti a způsobu uložení vodiče, které jsou jištěny jističi 63/3. Nakonec zbývá ještě poslední zásuvka na napětí 400 V a proud 125 A. S touto zásuvkou jsem se během své praxe nesetkal, protože stroje potřebující takový proud se většinou připevňují napevno. Nicméně mohou se najít výjimky a právě pro ně je připravena tato možnost připojení. Tyto zásuvky potřebují minimální průřez měděného vodiče $5 \times 25 \text{ mm}^2$. Charakteristika jističů je vždy zvolená podle potřeby zapojeného spotřebiče.

Hliníkové vodiče, které jsou v dnešní době nahrazovány měděnými vodiči, musí mít vždy větší průřez než měděné vodiče. To je způsobeno elektrickými vlastnostmi materiálu vodiče. Všechna kovová svítidla musí podle normy splňovat ochranu první třídy, to znamená, že kovové neživé části musí být uzemněny ochranným vodičem PE.

U instalovaných zásuvek by měl být ochranný vodič PE delší než pracovní vodiče L a N, z důvodů případného vytrhnutí zásuvky ze stěny. Při vytržení zásuvky ze stěny by se měly nejprve odpojit pracovní vodiče L a N, a jako poslední ochranný vodič PE. Všechny zásuvky montované od roku 2009 do novostaveb nebo při rekonstrukci musí být napojeny přes proudový chránič, aby nedošlo k poranění osob. Protože proudový chránič je elektrický přístroj, který chrání elektrický obvod a uživatele před unikajícím proudem, který neprochází pracovními vodiči, ale vrací se k napájecímu zdroji jinou cestou, nejčastěji vodičem PE, zemí a cizími kovovými předměty.

3.3 Fotovoltaická elektrárna

Mou další práci ve firmě ELEKTRO – FA. PAVELEK s.r.o. byla montáž fotovoltaických panelů, střídačů a rozvaděčů.

Sluneční záření je tvořeno proudem částic nazývaných fotony, které předávají svou kinetickou energii elektronům v kovech nebo polovodičích. Polovodiče mají sice méně volných elektronů než kovy, ale tyto volné elektrony v polovodičích snadno vzniknou teplem nebo slunečním zářením. Jestliže je energie záření dostatečná, dochází k uvolnění elektronu z atomového obalu atomu. Atom je za běžných podmínek neutrální částice, pokud ale postrádá jeden elektron, pak získává kladný náboj. Tento atom, s kladným nábojem nazývaný se díra, se může neutralizovat přijetím volného elektronu ze sousedního atomu, ze kterého se dále stává díra. Jde o takzvaný fotoelektrický jev, kdy dochází k přesunu volných elektronů a děr, které slouží jako nositele energie. Aby nedocházelo k pouhému přesunu elektronu a přeměně jeho energie v neužitečné teplo, je potřeba tyto elektrony a díry oddělit od sebe pomocí PN přechodu a přimět je, aby svou energii předaly spotřebiči. [1]

Nejběžnějším polovodičovým prvkem je křemík, který nemá tak pevnou kovalentní vazbu jako například diamant. Proto stačí křemíku dodat malé množství energie k uvolnění elektronu. Vodivost křemíku se značně mění přidáním určité příměsi. Ve vazbách křemíku se mohou uplatnit pouze 4 elektrony. Přidáním fosforu, který má ve valenční vrstvě 5 elektronů, vzniká polovodič typu N s nadbytkem elektronů, díky kterým je křemík lépe vodivý. Přidáním boru se 3 elektrony vzniká polovodič typu P s nadbytkem děr. Spojením obou polovodičů vzniká PN přechod, u kterého dochází k přeskupení elektronů do části P a děr do části N přičemž vzniká elektrické pole. [1]

Fotovoltaický panel se skládá z fotovoltaických článků o napětí přibližně 0,6 V zapojených do série, které jsou jako velkoplošné diody, kde je v tenkém plátku křemíku v malé hloubce pod povrchem vytvořen PN přechod s kovovými kontakty. Sluneční záření procházející atmosférou obsahuje fotony s energií 0,5 – 2,9 eV, kde křemíkové články jsou citlivé na fotony viditelného a částečně i infračerveného záření s energií větší než 1,1 eV o vlnových délkách kratších než 1100nm. Toto záření je už mimo viditelné spektrum záření. Fotony s kratší vlnovou délkou mají větší energii. Každý foton uvolní jeden elektron a zbylá energie se promění v nežádoucí teplo. Vlivem tepelné energie a dalších ztrát se v praxi dosahuje účinnosti okolo 10 – 20 %. [2]

Z počátku je potřeba, aby si zákazník vybral, jaký způsob zapojení fotovoltaické elektrárny potřebuje. Jsou tři způsoby provozu fotovoltaických elektráren, které povoluje distributor sítě.

Nejpoužívanějším způsobem provozu do roku 2013 byl takzvaný zelený bonus, který se dnes už nově nepovoluje. Nejčastěji byl montován na rodinných domech nebo průmyslových objektech. Vyrobená elektrická energie je ihned spotřebovávána v místě instalace. Investor ušetří náklady na cenu energie, kterou by musel jinak nakoupit od distributora. Zbylé přebytky nespotřebované elektrické energie se posílají do sítě, kde výrobce inkasuje rozdíl mezi výkupní cenou a zeleným bonusem. Tento systém obsahuje fotovoltaické panely připojené na střídač, který přeměňuje stejnosměrný proud vyrobený ve fotovoltaických panelech na střídavý proud. Střídač je dále připojen na samostatný jistič a přepětíovou ochranu v rozvaděči. Přívodní a odvodní vodiče v rozvaděči musí být od sebe vzdáleny tak, aby se případné přepětí nenaindukovalo na ostatní vodiče. Tento systém se připojuje přes 4kvadrantový elektroměr, tak aby bylo možné přebytky posílat do sítě.

Dalším způsobem je prodej, neboli Grid-on, kde je veškerá vyrobená elektrická energie prodávána distributorovi sítě. Tento systém obsahuje fotovoltaické panely připojené na napěťový měnič přes jistič a přepětíovou ochranu a elektroměr pro odpočet elektrické energie vyrobené fotovoltaikou. Tento systém se už moc nevyužívá z důvodu poklesu výkupní ceny elektrické energie.

Posledním způsobem zapojení je ostrovní režim, neboli grid-off, kde u malých elektráren do 0,5kWp je veškerá vyrobená elektrická energie ihned spotřebována spotřebiči stejnosměrného proudu, případně akumulována v akumulátorech jako například v přívěsech, houseboatech a na jachtách. Nebo u větších elektráren se tento stejnosměrný proud přetransformuje na střídavý proud pomocí napěťového měniče. Tento způsob se používá v místech s obtížným způsobem připojení k distribuční síti.

Fotovoltaické panely montované na střechy budov mají výhodu ve využití jinak nevyužitého prostoru střechy. Nevýhodou však může být limitování fotovoltaické elektrárny velikostí a nosností střechy nebo přípojkou, protože střešní systémy jsou připojovány do elektrorozvodů daného objektu.

Fotovoltaické panely by měly být montovány směrem na jih s mírným odklonem asi 10 - 15° na západ, pod sklonem 35 - 45°. Protože tohle je optimální poloha pro maximální účinnost elektrárny.

Hlavním požadavkem ČEZ je, aby fotovoltaická elektrárna připojena k distribuční síti začala vyrábět elektrický proud až po 20 minutách od indikace síťového proudu. Tento požadavek si stanovil ČEZ z důvodu opravy elektrizační soustavy.

Při své praxi jsem se setkal pouze s nejpoužívanějšími fotovoltaickými články z destiček monokrystalického křemíku, které jsme montovali na střechy budov. Ty se vyznačují dobrou

účinností, dlouhodobou stabilitou výkonu. Na trhu jsou ale i další články, jako například polykrystalické tenkovrstvé články, polymerní články a kompozitní články.

Výhody přeměny sluneční energie na energii elektrickou:

- nulové emise skleníkových plynů vypouštěné do ovzduší
- nulová produkce radioaktivního odpadu
- nízké náklady na údržbu
- nízké znečištění během výroby a likvidace fotovoltaických panelů
- recyklovatelnost

Nevýhody přeměny sluneční energie na energii elektrickou:

- vliv klimatických podmínek
- nevyrovnanost výroby elektrické energie během roku

3.4 Bleskosvod a svodiče přepětí

Elektroinstalace je potřeba tedy chránit proti atmosférickému přepětí a spínacímu přepětí. Spínací přepětí jsou přepětíové impulzy posílané zpět do obvodu vznikající spínáním spotřebičů zapojených v síti. Atmosférická přepětí jsou přepětí způsobena úderem blesku. Toto přepětí způsobuje větší škody než spínací přepětí. Použitím bleskosvodů a přepětíových ochran se chráníme proti atmosférickému přepětí, kde bleskosvod svede atmosférický výboj do země a přepětíové ochrany omezí přepětí naindukované na vodiče vlivem atmosférického výboje. Přepětíové ochrany proti atmosférickému přepětí chrání zařízení i proti spínacímu přepětí.

Podle normy ČSN EN 62305 jsou 4 různé příčiny poškození, které se liší místem úderu blesku.

- údery do stavby
- údery v blízkosti stavby
- údery do inženýrských sítí připojených ke stavbě
- údery v blízkosti inženýrských sítí připojených ke stavbě

3.4.1 Svodiče přepětí

Základní ochranou proti přepětí je vzájemné pospojování všech vodivých částí v objektu. Tímto pospojováním dosáhneme ochranného vyrovnání potenciálu mezi fázovým a neutrálním vodičem a zamezíme tak vzniku rozdílných potenciálů, které jsou příčinou nebezpečného napětí mezi těmito částmi. K tomuto pospojování slouží právě přepětíové ochrany, které po překročení meze přepětí výrazně sníží svou impedanci a umožňují tak vyrovnání potenciálů. To vede ke snížení přepětí na dovolenou mez. Svodiče přepětí neboli přepětíové ochrany chrání elektrická zařízení před účinky přepětí, aby nebyla narušena izolační schopnost vodičů, případně aby nedošlo k poškození citlivých elektronických zařízení. Přepětíové ochrany mají tedy za úkol omezit přepětí, ale neměly by přitom způsobit zkrat na daném zařízení.

Dovolená mez přepětí v různých místech pro síť nízkého napětí 230/400 V je definována normou. Na venkovním přívodu musí být zajištěna napětíová hladina maximálně 6 kV. Toho je dosaženo pomocí ochranných prvků na vedení. Protože přepětí je stále příliš vysoké, je zapotřebí, aby v hlavním rozvaděči byl umístěn první stupeň přepětíové ochrany T1, podle starého značení třídy B, který sníží hladinu přepětí na 4 kV nebo nižší. Jedná se o hrubou ochranu, která je zajištěna

pomocí kulového jiskřiště. Takovéto přepětí vydrží pevná elektroinstalace bez problému. Druhý stupeň T2 (C) s varistorem sníží hladinu přepětí na 2,5 kV nebo nižší. Na toto přepětí je dimenzována většina spotřebičů, proto je toto přepětí nemůže ohrozit. Mezi ochranou prvního stupně T1 a ochranou druhého stupně T2 musí být minimálně 10 metrů vodiče, aby obě ochrany správně pracovaly. V dnešní době je to řešeno tlumivkami, kterými je ochrana vybavena, nebo v případě kompaktního řešení, kdy jsou ochrany T1 a T2 spojeny v jednu ochranu je využita technologie zapalovací spouště. Třetí stupeň T3 (D) je jemná ochrana, která zajišťuje maximální přepětíovou hladinu napětí 1,5 kV. Tato ochrana reaguje ze všech tří stupňů nejrychleji a používá se k ochraně citlivých elektronických spotřebičů. Tato ochrana se přidává do rozvaděčů nebo se jako speciální zásuvka instaluje namísto klasických zásuvek podle potřeby ochrany spotřebičů.

Malým ohrožením elektroinstalace je úder blesku v blízkosti stavby a úder v blízkosti inženýrských sítí připojených ke stavbě. Jedná se o starší rodinné domy bez hromosvodů v husté zástavbě obklopené vyššími objekty s kabelovým napájecím přívodem uloženým v zemi. Při tomto úderu se vytváří elektromagnetické pole, které se indukuje na všech kovových částech. Vzniká přepětí o rázové vlně nadproudu ve tvaru impulzu 8/20 μ s a velikosti až 5 kA. V tomto případě postačí přepětíové ochrany druhého a třetího stupně. Protože elektroinstalace je ohrožována pouze přepětím v napájecím přívodu. Dnes už všechny novostavby musí být opatřeny hromosvodem. [5]

Středním ohrožením elektroinstalace je úder blesku do inženýrské sítě připojené ke stavbě a přímý úder blesku do objektu spadající do skupiny ochranné hladiny před bleskem LPL III a LPL VI. Tuto skupinu tvoří objekty jako například rodinné domy, administrativní budovy, zemědělské stavby a sklady. Pro tyto skupiny se jedná o úder blesku dosahující hodnot až 100 kA. V případě přímého úderu blesku do jímací soustavy uvažujeme velikost bleskového proudu přibližně 100 kA, kde je zhruba 50 % svedeno do země, tedy 50 kA. Dalších 50 kA se dostává do sítě nízkého napětí. Při úvaze sítě TN-C se tento proud rozdělí do čtyř vodičů. Na jeden vodič pak vychází hodnota bleskového proudu 12,5 kA ve tvaru impulzu 10/350 μ s. Při úderu blesku do inženýrské sítě je očekávaná hodnota nadproudu 10 kA. Pro tyto objekty nám tedy stačí přepětíové ochrany prvního stupně 12,5 kA a následně přepětíové ochrany druhého a třetího stupně. [5]

Velkým ohrožením elektroinstalace je přímý úder blesku do stavby nebo blízkých objektů, které jsou galvanicky spojeny s vlastním objektem. Nemocnice, elektrárny, banky, školy, supermarkety spadají do ochranné hladiny před bleskem LPL I a LPL II, pro které je definován úder blesku dosahující hodnot až 200 kA. V případě přímého úderu blesku do jímací soustavy uvažujeme velikost bleskového proudu 200 kA, kde je zhruba 50 % svedeno do země, tedy 100 kA. Dalších 100 kA se dostává do sítě nízkého napětí. Při úvaze sítě TN-C se tento proud rozdělí do čtyř vodičů.

Na jeden vodič pak vychází hodnota bleskového proudu 25 kA ve tvaru impulzu 10/350 μ s. Pro tyto objekty potřebujeme přepět'ové ochrany prvního stupně 25 kA a následně přepět'ové ochrany druhého a třetího stupně. [5]

Podle normy není třeba přepět'ové ochrany měřit, ale je třeba zkontrolovat, zda jsou funkční. Pokud je přepět'ová ochrana špatná, je třeba ji vyměnit za novou. Pro kontrolu jsme ale s revizním technikem měřili průrazné napětí přepět'ových ochran. Toto průrazné napětí je maximální napětí, které ještě přepět'ová ochrana snese, aniž by došlo k poškození ochrany.

3.4.2 Bleskosvod

Bleskosvod, lidově nazýván také jako hromosvod je zařízení, které vytváří vodivé cesty svádějící atmosférická přepětí do země. Tímto způsobem chrání stavby, osoby a zvířata před úderem atmosférického výboje.

Nejrozšířenějším materiálem používaným u bleskosvodu je pozinkovaná ocel. Tento materiál je nejlevnější, ale je potřeba jej časem ošetřit nátěrem proti korozi. Dalším materiálem jsou nerez a hliníkové slitiny, které se používají v místech se špatným přístupem, kde není možné pozinkovanou ocel ošetřit nátěrem. Měděné materiály jsou bezúdržbové, ale dražší.

Hromosvod se dělí na tři základní části:

- jímací soustava (tyč nebo soustava tyčí, zavěšené lano, mřížová soustava)
- svody
- uzemnění

Jímací soustava je soustava určená k přitahování blesků v blízkosti okolí. Může být tvořena jímací tyčí, která má ochranné pole ve formě kuželu, nebo může být mezi jímacími tyčemi zavěšené lano, které zvětšuje ochranné pole mezi jímači. Během své praxe jsem se setkal pouze s mřížovou soustavou.

Svody jsou vodiče svádějící bleskový proud do země. Mohou být strojené nebo náhodné. Strojené svody jsou vodiče vedeny na povrchu nebo skryté svody pod fasádou. Náhodné svody jsou vodivé konstrukce stavby jako například ocelové sloupy, výztuž a podobně. Máme tři typy svodu.

- Vodivě spojené se stavbou – využívá se kovové konstrukce nebo armování
- Elektricky izolované – svody jsou dostatečně vzdáleny od stavby

- Oddálený hromosvod – využívá kovového sloupu jímáče nebo armování

Počet svodů je dán velikostí stavby a systémem ochrany před bleskem LPS.

Supermarkety, muzea, rodinné domy s nadstandardní výbavou, školy, katedrály budovy s vysoce náročnou výrobou, budovy s prostředím s nebezpečím výbuchu, nemocnice, jaderné elektrárny automobilky, plynárny, vodárny, elektrárny, banky, stanice mobilních operátorů spadají do třídy LPS I a LPS II. Vzdálenost svodů u těchto objektů je 10 metrů s tolerancí 20 %. [5]

Rodinné domy, administrativní budovy, obytné budovy, zemědělské stavby spadají do kategorie LPS III. Vzdálenost svodů je 15 metrů s tolerancí 20 %. [5]

V kategorii LPS IV jsou obyčejné sklady, stavby a haly bez výskytu osob a vnitřního vybavení. U těchto objektů je vzdálenost svodů 20 metrů s tolerancí 20 %. [5]

Jde o to, aby se bleskový proud rozložil rovnoměrně do všech svodů. Ideální by bylo, kdyby vznikla Faradayova klec, protože díky rovnoměrnému rozdělení proudu se uprostřed klece vzájemně vyruší elektromagnetické pole.

Veškeré svody by měli tvořit přímé pokračování jímací soustavy nejlépe bez ohybu. Při prudkém ohybu svodu může dojít k přeskoku blesku na jiný objekt nebo vlivem elektromagnetických sil může dojít k vytržení svodu ze zdi. Na hořlavých materiálech musí být mezi vodičem a stěnou 10 cm.

Svody jsou dále uzemněny v zemi pomocí hloubkových zemničů, kruhových zemničů nebo základových zemničů, kde jeden svod musí mít maximální odpor 10 Ω . Hloubkový zemnič je zpravidla tyč, nebo několik tyčí zabítených do země 1 metr od základu objektu tak, aby jejich horní konec byl minimálně 0,5 metrů pod povrchem. Kruhový zemnič je kruh uložený v hloubce 0,5 metrů v zemi, kolem celé stavby ve vzdálenosti 1 metr od základu objektu. Na tento kruh jsou připojeny všechny svody. Na základový zemnič, který je uložen v betonových základech stavby jsou připojeny všechny svody. Základový zemnič musí ležet co nejnižší v základu, obalen betonem minimálně 50 mm a mezi zemí a zemničem nesmí být hydroizolace. [5]

Odpory jednotlivých svodů jsme nejprve měřili pomocí sond, které jsme později nahradili klešťovým měřicím přístrojem.

3.5 Revize

Revize elektrických zařízení je soubor úkonů, zjišťujících zda elektrické zařízení odpovídají podmínkám pro bezpečný provoz.

Všechny elektrické zařízení a budovy musí být doplněny o projektovou dokumentaci dle skutečného stavu provedení, která slouží jako podklad pro revizní zprávu. Revizní zpráva udává informace o stavu zařízení a budov, zda splňují podmínky pro bezpečný provoz, podle platných předpisů a norem. Bez revizní zprávy nemůže být zařízení uvedeno do provozu.

Každé elektrické zařízení v průběhu svého používání mění své parametry. Tyto parametry se mění vlivem stárnutí, oprav, prostředí a proto je potřeba je periodicky kontrolovat. U revizí se přezkoumává elektrická instalace s využitím všech smyslů a veškerého důvtipu, aby se zjistilo, zda je elektroinstalace řádně provedena.

Během své praxe jsem byl přiřazen k reviznímu technikovi, se kterým jsem prováděl prohlídku hromosvodů, elektroinstalace a rozvaděčů, na které jsem dále zkresloval projektovou dokumentaci dle skutečného stavu. Hromosvody a přepěťové ochrany byly popsány výše, proto se jimi už nebudu zabývat.

3.5.1 Revize elektroinstalace

Prohlídka elektroinstalace objektu se provádí od přípojky přes hlavní rozvaděč k podružným rozvaděčům. Následně se prohlédne rozvod, přístroje a pevně instalované zařízení v jednotlivých místnostech objektu. Rozvaděč musí být opatřen výrobním štítkem a výstražnými tabulkami. Z bezpečnostního hlediska se kontrolují průřezy vodičů s ohledem na proudovou zatížitelnost a úbytek napětí a jím přiřazené elektrické jistící přístroje, které musí vypínat nežádoucí nadproudy a zkrat. Dále se kontroluje, zda skutečný stav jednotlivých obvodů a jejich popisy v rozvaděči odpovídají projektové dokumentaci. U hlavního jističe se měří fázová napětí, zkratové proudy, impedanční smyčky a přechodový odpor uzemnění daného rozvaděče. U rozvaděčů větších rozměrů s přípojnici se pomocí termokamery zjišťuje, zda nedochází k přehřívání částí pod napětím, vlivem přechodového odporu. Zjišťuje se, zda nedochází k přehřívání některého fázového vodiče vůči ostatním fázovým vodičům, nebo zda svorky nebo spoje nemají větší oteplení než samotný vodič, na který jsou svorky připojeny. U proudových chráničů se měří vypínací proud a vypínací čas, který by neměl přesáhnout 200 ms. Dotahují se veškeré kontakty, které se časem uvolňují vlivem vibrací, elektromagnetických sil a tepelných účinků. Protože elektrický kontakt je nejužší částí obvodu, kde s rostoucí proudovou hustotou roste i oteplení kontaktu. Vlivem teplotní roztažnosti materiálu se s oteplováním a ochlazováním mění jeho rozměry. Po dotažení kontaktů se snižuje

odpor impedančních smyček. Po zkontrolování rozvaděče se měří impedanční smyčky jednotlivých zásuvkových obvodů a přechodové odpory svítidel první třídy. Součástí revize je také technická diagnostika, kde se dělá diagnóza, technická genetika, a případně i prognóza. Cílem diagnózy je zjištění aktuálního stavu zařízení. Technická genetika je zaznamenávaný stav zařízení při jeho kontrolách od jeho uvedení do provozu. Prognóza je odhad budoucího stavu zařízení na základě technické genetiky. Tyto metody mají stanovit míru degradace funkčních vlastností objektu, případně výskyt závad a poruch. Další částí revize je kontrola IP krytí elektrických zařízení, které musí splňovat požadavky prostředí.

3.5.2 Revize elektrospotřebičů

Revize elektrických spotřebičů je činnost, při které se prohlídkou, měřením a zkouškou chodu zjišťuje technický stav spotřebiče z hlediska bezpečnosti podle normy ČSN 33 1600. Ověřuje se, zda elektrický spotřebič splňuje ochranu před úrazem elektrickým proudem a ochranu proti požáru. U revize elektrospotřebičů jako jsou například stolní svítidla, varné konvice, nabíječky s transformátory, vrtačky a další se zapisuje název spotřebiče, datum výroby, sériové číslo, příkon a proud z důvodu pozdějšího dohledání spotřebiče. Protože i u spotřebičů je potřeba udělat technickou diagnostiku. Kontroluje se délka vodičů, průřez vodičů a stav izolace, kde izolace nesmí být poškozená, aby nedošlo k narušení bezpečnosti. Následně se měří izolační odpor, unikající proud a u spotřebičů první třídy se měří i přechodový odpor ochranného vodiče PE. Přechodový odpor vodiče nesmí být větší než $0,2 \Omega$ pro vodiče do 3 metrů. Na každé další 3 metry vodiče se k tomuto odporu připočítává $0,1 \Omega$, kde v žádném případě nesmí být překročena hodnota 1Ω . Izolační odpor pro spotřebiče první ochranné třídy nesmí být menší než $2 M\Omega$. Pro spotřebiče druhé třídy nesmí být menší než $7 M\Omega$ a pro spotřebiče třetí třídy menší než $0,25 M\Omega$. Unikající proud je proud protékající ochranným vodičem. Ten nemá překročit hodnotu $3,5 \text{ mA}$ a u tepelných spotřebičů s výkonem větším než $3,5 \text{ kW}$ nesmí být tento proud větší než 1 mA na 1 kW . [3]

3.5.3 Měření osvětlení pracovních prostorů

Aby bylo možné provádět zrakové úkony na pracovišti, je potřeba, aby toto pracoviště bylo řádně osvětleno denním osvětlením, umělým osvětlením nebo jejich kombinací. Pro každou činnost, kterou určuje druh práce a doba trvání činnosti, je normou ČSN EN 12464-1 stanovena intenzita osvětlení, index podání barev, rozložení jasu, a oslnění. Intenzita osvětlení je stanovena podle vizuálního úkonu tak, aby bylo možné vykonávat práci ve zrakové pohodě a nedocházelo k poškození zraku. Je potřeba, aby jas byl rovnoměrně rozložen v prostředí, tak aby nedocházelo k neustálé adaptaci zraku na světlo a šero. Tato adaptace zraku způsobuje únavu, bolest očí a hlavy. Zároveň nesmí docházet k oslnění, aby vlivem adaptace zraku nedošlo k úrazu na pracovišti.

Z hlediska podání barev byl zaveden index podání barev R_a , který nabývá hodnot 0 až 100. Tento index nesmí být menší jak 80 v prostorech s dlouhodobým výskytem osob. Stroboskopický jev zářivek se startérem se na pracovištích nesmí vyskytovat, protože způsobuje bolesti hlavy a u citlivých lidí i epileptické záchvaty. Dalším důvodem je změna vnímání pohybu točivých strojů. [4]

Místa zrakového úkonu se měří za pomoci luxmetru a zakreslují se do projektové dokumentace, tak aby bylo jasné, na kterých místech byly hodnoty naměřeny.

4.1 Teoretické a praktické dovednosti

Protože jsem studoval střední školu stavební, která nemá krom projektové dokumentace nic společného s oborem zasahujícím do silnoproudu, využíval jsem během praxe hlavně znalosti získané ze studia na vysoké škole.

Nejvíce jsem využil znalostí z předmětů Technická dokumentace, Bezpečnost v elektrotechnice, Elektrické přístroje a Elektrotechnické materiály. Vědomosti z těchto předmětů jsem využil nejvíce během prvních dnů své praxe. Znalosti z předmětů Diagnostika na elektrických zařízeních, Elektrárny a Elektrické světlo a teplo mi z počátku praxe chyběly, protože tyto předměty se vyučují až ve třetím ročníku. S postupem času, až jsme začali tyto předměty probírat, jsem si začal dávat dohromady zkušenosti získané z praxe a teoretické znalosti z těchto předmětů. Dále mi scházeli znalosti ohledně užívaných přepět'ových ochran a bleskosvodu.

Znalosti ze všech uvedených předmětů jsem zužitkoval během své praxe zaměřené na nízké napětí. Nepochybuji o tom, že zužitkuji i znalosti z předmětů Elektrické stroje, Principy provozu a chránění elektrických strojů, Přenos a rozvod elektrické energie, Poruchy a chránění elektrických sítí při zaměření na vysoké napětí.

5.1 Závěr

Během mé praxe ve firmě ELEKTRO - FA. PAVELEK s.r.o. jsem si vyzkoušel, jak probíhají různé obory činností v oblasti silnoproudu. Tuto činnost považuji za velké plus, protože jsem měl možnost uplatnit teoretické znalosti získané během studia na vysoké škole přímo v praxi. Praxe mi z velké části pomohla ujasnit si teoretické znalosti získané ze studia na vysoké škole. A naopak znalosti z praxe mi pomohly lépe pochopit probírané učivo v předmětech, které jsem studoval během praxe. Konkrétněji jsem se zabýval elektroinstalací budov, jako například tahání kabelů, montáž zásuvek, svítidel a rozvaděčů. Montáží fotovoltaické elektrárny, kde jsem montoval fotovoltaické panely na střechy budov, střídače sloužící k přeměně stejnosměrného elektrického proudu na proud střídavý a rozvaděčů s instalovanými jistícími elektrickými přístroji. Další náplní mé práce bylo zkreslování projektové dokumentace aktuálního stavu elektroinstalace, rozvaděčů a hromosvodů. Posledním úkonem byla revize, která má za úkol zkontrolovat a posoudit, zda elektrické zařízení splňuje pravidla pro bezpečný provoz podle platných norem a vyhlášek.

Z velké části jsem využil znalosti z předmětů Technická dokumentace, Bezpečnost v elektrotechnice, Elektrické přístroje, Diagnostika na elektrických zařízeních, Elektrárny a Elektrické světlo a teplo.

Literatura

- [1] VLADAŘ, Jaroslav a Jiří ZELENKA. *Elektrotechnika a silnoprúdová elektronika*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986.
- [2] LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. *Fotovoltaika: Teorie i praxe využití solární energie*. 1. české. Praha: ILSA, 2009. ISBN 80-904311-0-2.
- [3] *Elektro v praxi: Elektrické nářadí a spotřebiče*. Olomouc: Solid Team s.r.o., 2012.
- [4] ČSN EN 12464-1. *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1 : Vnitřní pracovní prostory*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [5] ČSN EN 62305. *Ochrana před bleskem: Část 1: Obecné principy*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.